

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-094595

(43)Date of publication of application : 05.04.1994

(51)Int.Cl.

G01N 15/00

G01N 15/10

G01N 21/47

G06F 15/64

(21)Application number : 04-271031

(71)Applicant : MITSUI MINING & SMELTING CO
LTD

(22)Date of filing : 14.09.1992

(72)Inventor : MORIYA KAZUO
OTSUKA MASARU

(54) THREE-DIMENSIONAL DETECTION METHOD AND DEVICE FOR PARTICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To exactly detect the position, size and structure of each particle.

CONSTITUTION: Density image data of cross section image group of inspected body distributed by particles of which position relation is obvious, is obtained and three dimensional density image data of particles is obtained. By binarizing the density of the data of each pixel, three dimensional binary image data of particles is obtained. The binary image data is processed by degenerating the data three dimensionally and the binary image data of each particle is represented by the central point binary image data. By this, the position of each particle is confirmed three dimensionally.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.06.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2832269

[Date of registration] 02.10.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-94595

(43)公開日 平成6年(1994)4月5日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 15/00	A	2107-2 J		
15/10	B	2107-2 J		
21/47	Z	7370-2 J		
G 0 6 F 15/64	M	9073-5 L		

審査請求 未請求 請求項の数6(全11頁)

(21)出願番号 特願平4-271031

(22)出願日 平成4年(1992)9月14日

(71)出願人 000006183

三井金属鉱業株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号

(72)発明者 守矢 一男

埼玉県上尾市愛宕2丁目14番13号407

(72)発明者 大塚 勝

埼玉県川越市寿町1丁目2315番地ヴィパシ
ティ寿102号

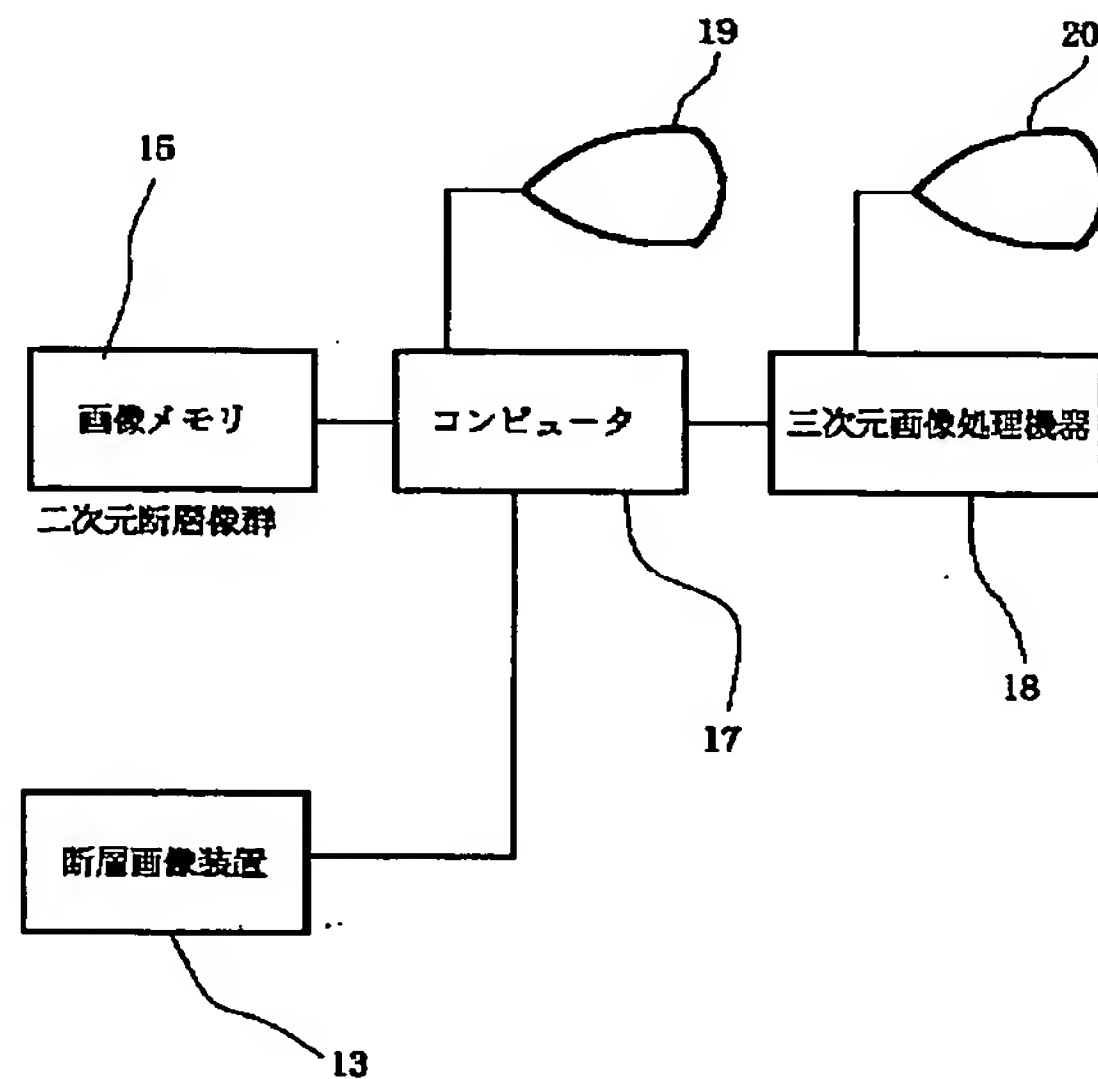
(74)代理人 弁理士 伊東 辰雄 (外1名)

(54)【発明の名称】 三次元粒子検出方法及び装置

(57)【要約】

【目的】 各粒子の位置、大きさ、構造などを正確に検出できるようにする。

【構成】 粒子が分布する被検物体の、相互位置関係が明確な断層画像群の濃淡画像データを得ることにより粒子の三次元的な濃淡画像データを得、その各画素のデータについてその濃度を二値化することにより粒子の三次元的な二値画像データを得、この二値画像データについて三次元的に縮退処理を施すことにより各粒子の二値画像データをその中心点の二値画像データのみとし、それにより各粒子の位置を三次元的に確定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 粒子が分布する被検物体の、相互位置関係が明確な断層画像群の濃淡画像データを得ることにより粒子の三次元的な濃淡画像データを得、その各画素のデータについてその濃度を二値化することにより粒子の三次元的な二値画像データを得、この二値画像データについて三次元的に縮退処理を施すことにより各粒子の二値画像データをその中心点の二値画像データのみとし、それにより各粒子の位置を三次元的に確定することを特徴とする三次元粒子検出方法。

【請求項2】 前記縮退した二値画像データに基き、所定領域に含まれる粒子数をカウントして、粒子の密度を検出することを特徴とする請求項1記載の三次元粒子検出方法。

【請求項3】 前記縮退した二値画像データが示す粒子位置における、前記断層画像群の濃淡画像データの濃度に基き、粒子のサイズを検出することを特徴とする請求項1記載の三次元粒子検出方法。

【請求項4】 前記縮退した二値画像データ及び前記断層画像群の濃淡画像データに基き所望の方向の断層画像群の濃淡画像データを再構成することを特徴とする請求項1記載の三次元粒子検出方法。

【請求項5】 粒子が分布する被検物体の、相互位置関係が明確な所定間隔の断層画像群の濃淡画像データを得ることにより粒子の三次元的な濃淡画像データを得る手段と、その各画素のデータについてその濃度を所定値と比較して二値化することにより粒子の三次元的な二値画像データを得る手段と、この二値画像データについて三次元的に縮退処理を施すことにより各粒子の二値画像データをその中心点の二値画像データのみとし、それにより各粒子の位置を三次元的に確定する手段とを具備することを特徴とする三次元粒子検出装置。

【請求項6】 前記濃淡画像データを得る手段は、各断層を照明する手段と、その散乱光を光電変換する手段とを備えることを特徴とする請求項5記載の三次元粒子検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、三次元の被検物体内に分布する粒子の位置、密度等を正確に検出する方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、画像処理技術は二次元の画像を対象とするものが多い。これは画像処理機器の構造に起因している。従来の画像処理機器は二次元情報は扱えるが三次元情報は直接には扱えないからである。

【0003】図10は、従来の粒子解析方法を示す。まず、三次元的に分布している粒子1の二次元濃淡画像データを得る。画像処理機器内では、濃淡画像データはピクセルと呼ばれる画像単位（画素）3を示すデータを単

位としており、各データは、濃淡情報を持っている。同図において、5はこのデータにより1つの粒子の像を表示したときのピクセルイメージである。この画像データに対して、各画素のデータがその近傍のものに対して濃度のピーク点であるかどうかを判定し、ピークであればそのデータを1とし、ピークでなければ0とすることにより、粒子の1または0による画像すなわち二値画像データを得る。7はこの二値画像データによる1粒子のピクセルイメージである。そして、これに縮退処理を行うことにより、各粒子の存在位置が求められる（特願平4-71593号）。9は縮退処理後の1粒子のピクセルイメージである。

【0004】一方、三次元画像処理としては、二次元断層画像群から立体画像を得る方法が知られている（特願昭60-155109号）。そして、二次元画像群を異なった方向から見た二次元画像群に再構築することはX線CTなどでは良く用いられている方法である。

【0005】二次元断層画像を得る方法としては、従来、結晶内にレーザビームを入射して散乱光を観察する光散乱法が知られており（特願昭54-109488号）、さらに、この散乱像を解析し、被検物体に含まれる粒子の密度分布を得る「粒子分布測定方法および装置」（特願昭63-49848号）が知られている。

【0006】液体や空気中のゴミや気泡の検出については、従来から、レーザビームを入射し、ゴミ等による散乱光をパルスカウントするダストカウンタ（レーザ散乱法）が知られている。また、粒子による光散乱の角度分散を用いて粒径分布を得る方法も知られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図11に示すように、粒子が内部に存在する結晶や流体の断層像を、レーザビームで各断層11上を走査して順次観察した場合、図12に示すように、同じ粒子1が異なる断層11上では異なった大きさで観察され、そのような各断層上の粒子画像が濃淡画像データとして得られる。このような断層画像群において、複数の粒子が存在した場合、従来の二次元的な画像処理方法では、複数の粒子が重なり合ってその個数や大きさを認識することができない。

【0008】また、上述のダストカウンタによれば、ある粒子を照射するレーザビーム部分はピーク強度部分ではなく、ビームの裾野部分であり、その裾野部分によってその粒子が検出されている場合もある。その場合、その粒子の粒径が小さく計測されてしまうことになる。これを回避するには、レーザビームをずらして散乱像を得る必要があるが、ずらして得た散乱像の中で、粒子からの散乱が最も強くなる場合を自動的に選別することができなかった。

【0009】本発明は、このような従来技術の問題点に鑑み、粒子検出方法及び装置において、第1に、検出被

検物体内の粒子個数を正確に検出でき、第2に、検出被検物体内の各粒子の位置を正確に検出でき、そして第3に、各粒子の大きさを正確に検出できるようにすることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明では、粒子が分布する被検物体の、相互位置関係が明確な断層画像群の濃淡画像データを得ることにより粒子の三次元的な濃淡画像データを得、その各画素のデータについてその濃度を二値化することにより粒子の三次元的な二値画像データを得、この二値画像データについて三次元的に縮退処理を施すことにより各粒子の二値画像データをその中心点の二値画像データのみとし、それにより各粒子の位置を三次元的に確定するようにしている。

【0011】また、さらに、前記縮退した二値画像データに基き、所定領域に含まれる粒子数をカウントして、粒子の密度を検出する。あるいは、前記縮退した二値画像データが示す粒子位置における、前記断層画像群の濃淡画像データの濃度に基き、粒子のサイズを検出する。さらには、前記縮退した二値画像データ及び前記断層画像群の濃淡画像データに基き所望の方向の断層画像群の濃淡画像データを再構成する。

【0012】濃淡画像データは、例えば、各断層をレーザビームで走査することによって照明し、その散乱光を結像し光電変換することによって得られる。

【0013】

【作用】この構成においては、断層画像群の濃淡画像データを、二値化しかつ三次元的に縮退処理するようにしているため、断層に垂直な方向に複数粒子が重なって存在したり、レーザビーム径内に複数個の粒子が存在しても、それら粒子は個々に分解され、それぞれの位置、大きさ、構造などが正確に把握される。

【0014】また、被検物体が半導体等の結晶である場合、その内部での析出物等の粒子は、硬さ等の結晶の物性に必要な影響を与えている。そこで、必要な物性を得るためには、粒径や析出物の構造、さらには密度をコントロールする必要がある。このような析出物は結晶の育成条件や、その後の熱処理状態によって異なる。本発明によれば、そのような粒子の位置、大きさ構造等が正確に検出され、その結果が、このような結晶の育成条件や熱処理の条件を決定する上で有効に用いられ、所望の物性の半導体結晶を得るのに役立てられる。さらに、本発明によれば、断層写真群ではわからない個々の粒子の画像間での振る舞いを知る事ができる。

【0015】

【実施例】図1は本発明の一実施例に係る三次元粒子検出装置の構成を示すブロック図である。図中、13は粒子が分布する検出被検物体の、相互位置関係が明確な断層画像群の濃淡画像データを得る断層画像装置であり、

例えば、被検物体の各断層を照明する手段と、その散乱光を結像して光電変換する手段と、光電変換された信号をディジタル変換し濃淡画像データとする手段を備える。また、断層画像装置13には、その他、様々な方法で得られる二次元断層写真群を濃淡画像データに変換するもの等も該当する。15は断層画像装置13によって得られる断層画像群の濃淡画像データを記憶する二次元画像メモリ、17はコンピュータ、19はCRTであり、二次元画像メモリ15の画像データは、コンピュータ17に読み込まれ、所定の処理を施して、CRT19上に表示される。

【0016】18は二次元画像メモリ15からコンピュータ17を介して送られてくる断層画像群の濃淡画像データを三次元画像に展開し、その各画素のデータについてその濃度を二値化することにより粒子の三次元的な二値画像データを得、この二値画像データについて三次元的に縮退処理を施すことにより各粒子の二値画像データをその中心点の二値画像データのみとし、それにより各粒子の位置を三次元的に確定する三次元画像処理機器である。20は三次元画像処理機器18の処理結果を表示するグラフィックモニタである。三次元画像処理機器18の処理結果はコンピュータ17を介し、CRT19上に表示するようにしても良い。

【0017】この構成において、二次元画像メモリ15に記憶されているオリジナル画像（二次元画像群）データを三次元画像データに展開し、二値化、縮退し、粒子の中心を求め、粒子の位置を確定する。この様子を図2に示す。ここで、三次元画像に展開するとは、例えば、X-Y座標上の各二次元画像群に対し、Z座標に対応するディメンションを付加し、三次元的に各データがアクセスできるようにすることをいう。

【0018】同図において23は三次元画像に展開した1つの粒子の画像、25はその二値画像、27は縮退され中心のみとなった二値画像である。この粒子の中心を求める二値化・縮退アルゴリズムは二次元版を拡張したものであり、各画素の近傍26方位について三次元的に濃淡を比較して行うものである。二次元的二値化・縮退によれば、いくつかのクラスタ（ピクセル）が残り、1点に収束しないため、三次元的にシュリンクし1点に収束させるようにしたものである。この三次元的アルゴリズムでは二次元のラオ（Rao）のアルゴリズムが拡大適用される。

【0019】詳述すれば、まず、各粒子の各画素のデータに二値化処理を施す。これは、図3に示すように、各画素のデータを中心候補点のデータをすれば、各中心候補点のデータ（0, 0, 0）とそれに26方位（3×3×3）方向に隣接する点のデータとを比較することによって行う。すなわち図4に示すように、まず、ある中心候補点（0, 0, 0）を設定し（ステップS1）、この候補点とそれに隣接する1点のデータ（-1, -1,

1)とで濃淡を比較する(ステップS2, S4)。この結果、中心候補点(0, 0, 0)の方が大きければ候補点としてその濃度を1としステップS5へ移行するが

(ステップS3, S4)、小さければ中心候補点の濃度を0とし(ステップS4, S5)ステップS7へ移行する。ステップS6では、中心候補点の全隣接データについて比較が終了したか否かを判定し、終了の場合はステップS7へ移行し、終了していない場合はステップS2へ戻り次の隣接点を設定して同様の処理を繰り返す。ステップS7では全中心候補点について二値化が終了したか否かを判定し、終了していない場合はステップS2へ戻り次の中心候補点を設定し、終了している場合は二値化処理を終了する。これにより、図2に示すように、各粒子の濃淡像23は、三次元的な二値画像25となる。

【0020】次に、このようにして得られた二値画像に対して三次元の縮退処理を行う。これは、図5に示すように、二値画像を構成する各中心候補点についてそれを含む面内で二次元のラオ(Rao)のアルゴリズム(例えば「コンピュータによる画像処理入門」総研出版、田村秀行書)を適用するものである。この面は、X、Y、Z面で3面、X-Y面、X-Z面など対角の面で6面、X-Y-Z面など斜めの面で4面、計13面について考える必要があるが、すべての面について行わなくても、例えば図5に示すような5方位の面について行えば、各粒子における中心候補点を一点とすることができる。

【0021】ある粒子に着目してこの縮退処理を詳述すれば、図6の表1及び表2に示すデータを用いて、図5に示すような各面内でRaoのアルゴリズムを適用する。なお、表1及び表2中、*は、0および1いずれでもよいことを示す(すなわち、比較の対象としない)。

【0022】すなわち、図7に示すように、まず、比較される二値画像データの内容を破壊しないために、二値画像データをコピーし、これを対応データとする(ステップS20)。すなわち、縮退の各段階における結果はこのコピーされた対応二値画像データ上に順次反映する。次に、最初に処理する中心候補点を設定し(ステップS21)、その点を含む最初の面(Z面)を設定し(ステップS23)、その面に含まれる中心候補点及びその周囲の点の9点のデータと表1の各9点から成るデータの組とを位置関係を固定して比較し(ステップS24)、双方の9点がすべて一致(上述のように*は除く)する必要があるか否かを判定する(ステップS25)。この結果、双方の9点がすべて一致する場合があるときは、対応中心候補点データの濃度を0として(ステップS26)ステップS21へ戻り、次の中心候補点を設定して同様の処理を繰り返す。一致する場合がないときは、対応中心候補点データの濃度を1として(ステップS22)ステップS27へ進む。

【0023】ステップS27では、すべての面について処理が終了したか否かを判定する。この結果、終了して

いない場合はステップS23へ戻って次の面を設定し同様の処理を繰り返す。終了の場合はステップS28へ進む。ステップS28では、すべての中心候補点について処理が終了したか否かを判定する。この結果、終了していない場合はステップS21へ戻り、次の面を設定して(ステップS29)ステップS22へ戻り、次の中心候補点を設定して同様の処理を繰り返す。終了の場合は、ステップS29へ進み、今度は表2のデータを用いて、ステップS21~28と同様のフィルタ処理を繰り返す(ステップS29~S36)。

【0024】このようにして、すべての中心候補点について表1及び表2を用いたフィルタ処理が終了したら、その処理中に、対応中心候補点を一度でも0にすることがあったか否かを判定する。この結果、対応中心候補点を一度でも0にすることがあった場合は、ステップS21へ戻って同様の処理を繰り返し、一度も0にすることがなかった場合は処理を完了する。これにより、対応二値画像データは、図2の画素27で示すような粒子の中心のみの二値データとなる。

【0025】このように粒子の中心を確定する縮退された二値画像データからは、各粒子の中心一の座標を正確に得ることができる。また、縮退された二値画像データに基き、所定領域に含まれる粒子数をカウントして、所定領域における粒子の密度や密度分布を検出することもできる。

【0026】また、縮退した二値画像データが示す粒子位置における、前記断層画像群の濃淡画像データの濃度に基き、粒子のサイズを検出することもできる。粒子中心の画像濃度と、その粒子の半径とは一定の関係にあるからである。

【0027】さらに、図8に示すように、縮退した二値画像データ及びもとの断層画像群の濃淡画像データに基き所望の座標系L-M-Nにおける断層画像群の濃淡画像データとして再構成することも、各粒子の中心点の座標が正確にわかるため、容易に行うことができる。

【0028】なお、粒子検出被検物体の断層画像群の濃淡画像データを得る方法としては、上記光散乱法その他、X線トポグラフィ、X線CT、MRI(核磁気共鳴)などによる方法がある。

【0029】また、本発明でいう粒子とは、前記析出物その他、ボイド、異物等が該当する。すなわち粒子状の画像が得られるものであればよい。

【0030】また三次元画像処理機器18の代わりに、特殊な画像処理機器を用いたり、図9(b)に示すように通常のコンピュータを三次元画像処理機器として用いるようにしてもよい。すなわち、三次元画像処理機器18で行う処理は、データの配列を変えれば、二次元画像処理装置によっても行うことができる。

【0031】また、三次元画像処理機器18に入力機能

を付加し、画像メモリ15から直接データを読み込むようにしても良く、また、TVカメラや画像出力装置から三次元画像処理機器18に直接入力するようにしても良い。すなわち、三次元画像処理機器18は二次元断層写真群のデータを直接処理できるように構成しても良い。

【0032】また、二値化、縮退の方法は一意的ではなく、変形したものが多く考えられる。Raoのアルゴリズムを用いる以外にも縮退の方法はある。すなわち、三次元的に二値化・縮退できるものであればよい。

【0033】また、液体や気体を被検物体とする場合、パルスレーザー光をシリンドリカルレンズで広げ球面レンズで絞ることにより平板状（ライン状）のビームを得、これを液体や気体のセル中に入射し、その内部の粒子からの散乱を二次元撮像素子により光電変換することにより断層画像群の濃淡画像データを得ることができる。このときのパルス巾（時間）は粒子の最大速度（ v_{max} ）との積が計測の空間分解能より充分短くなるようにする。またこの場合、レーザービームの入射位置を平板状のビームに垂直な方向に移動させながら各断面に対応する各瞬時にデータを取り込むことにより断層像を高速で得ることもできる。なお、粒子の速度 v 、パルスレーザーのパルス巾を τ とすると、 $v_{max} \cdot \tau$ が計測系の空間分解能より小さくなるようにする。 v_{max} が10mm/sec、すなわち104 μ secのとき、 $\tau=10^{-4} \sim 10^{-5}$ secでよい。

【0034】三次元画像処理機器ができれば、表1、2で行っていたRaoの縮退などは、二次元フィルターから3 \times 3 \times 3の立体フィルターによって行うことができるので、高速に処理することができる。

【0035】さらに、本発明において処理対象となる二次元断層画像群は、同一断面についての時間的变化として捕らえた、断層画像群をも含む。例えば、溶液内で析出粒子が発生して消えるとき、その時間軸を一次元加えて、ある断面について所定時間ごとの画像を得て三次元的画像を構成し、これに基づき、粒子がどこで（位置）、いつ（時間）最大となったかなどを検出することができる。

【0036】

【発明の効果】本発明によれば、断層画像群の濃淡画像データを、二値化しかつ三次元的に縮退処理するようにしているため、断層に垂直な方向に複数粒子が重なって存在したり、レーザービーム径内に複数個の粒子が存在しても、それら粒子を個々に分解し、それぞれの位置、大きさ、構造などを正確に検出することができる。

【0037】また、結晶の必要な物性を得るためにコントロールする必要がある結晶の育成条件やその後の熱処理条件を決定する上で有効に用いることができ、所望の物性の半導体結晶を得るのに役立てることができる。たとえば、結晶内の欠陥観察の場合には、結晶表面にエピタキシャル層を形成したりすることがあるが、表面から数 μ m以内の表面近傍欠陥がデバイスには致命的と言われており、本発明の方法を用いることにより、欠陥評価を正確に行うことができる。すなわち、図8に示すように三次元的に分布している欠陥を表面から層ごとにどのように分布しているか知ることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る三次元粒子検出装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 図1の装置において、二値化、縮退して粒子の位置を確定する様子を示す説明図である。

【図3】 図1の装置において、各中心候補点のデータに二値化処理を施す様子を示す説明図である。

【図4】 図1の装置における二値化処理を示すフローチャートである。

【図5】 図1の装置において行われる三次元的ラオのアルゴリズムを説明するための説明図である。

【図6】 図1の装置において行われる三次元的ラオのアルゴリズムに用いられるデータを示す表である。

【図7】 図1の装置における縮退処理を示すフローチャートである。

【図8】 図1の装置において、所望の座標系L-M-Nにおける断層画像群の濃淡画像データを再構成する様子を示す説明図である。

【図9】 本発明に適用し得る他の装置構成を示すブロック図である。

【図10】 従来の粒子解析方法を示す説明図である。

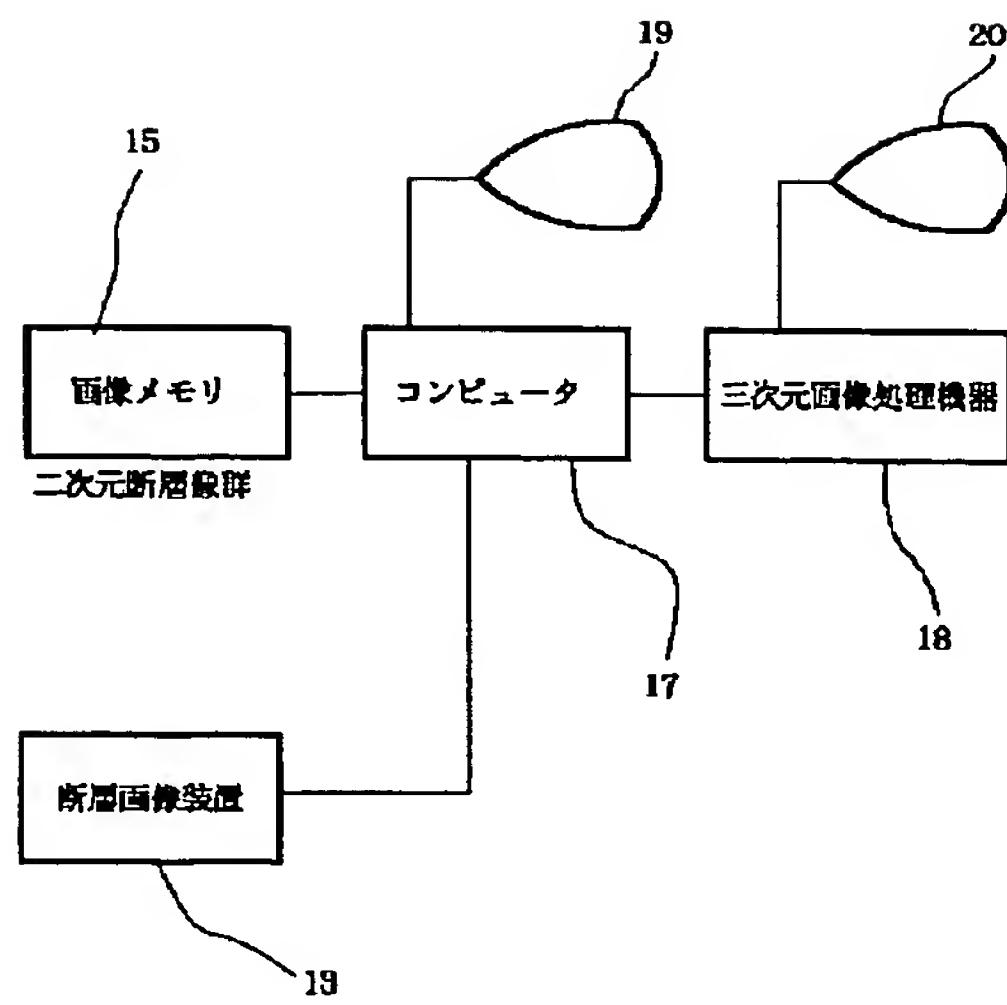
【図11】 従来の粒子解析方法における二次元断層画像群を示す説明図である。

【図12】 従来の粒子解析方法で、断層像を順次観察した場合、同じ粒子が異なる断層上では異なった大きさで観察される様子を示す説明図である。

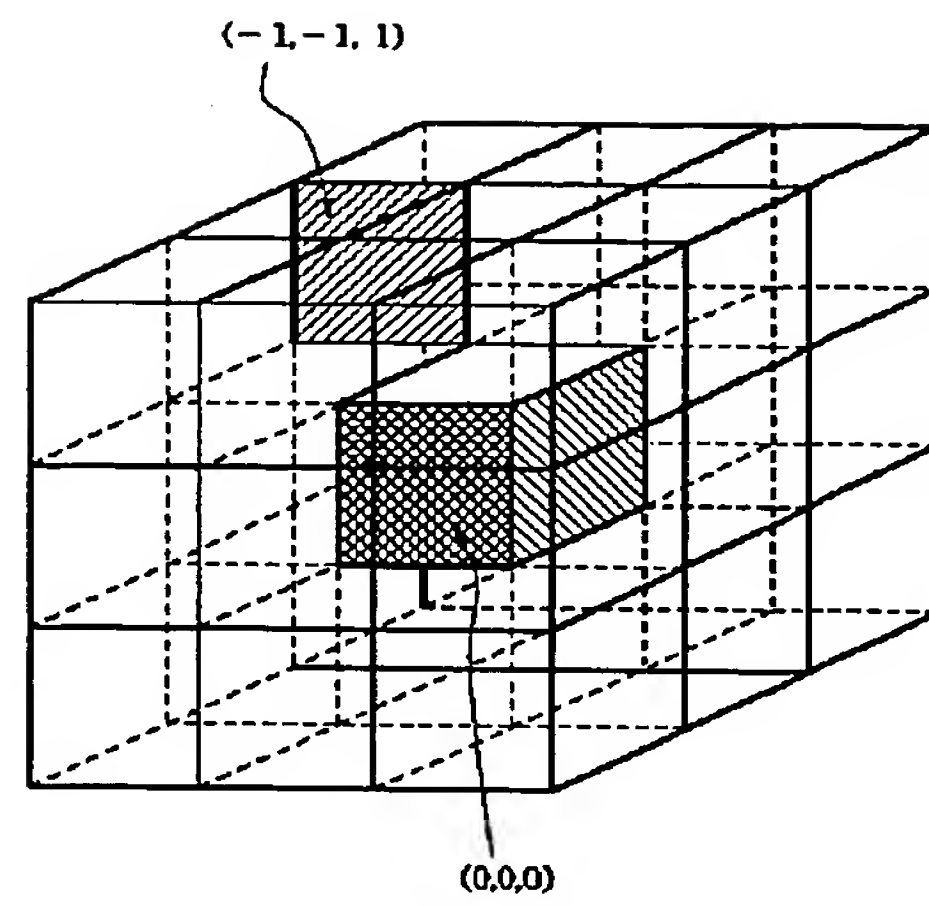
【符号の簡単な説明】

13：断層画像装置、15：二次元画像メモリ、17：コンピュータ、18：三次元画像処理機器、19：CRT、20：グラフィックモニタ、23：1つの粒子の画像、25：二値画像、27：縮退され中心のみとなった二値画像。

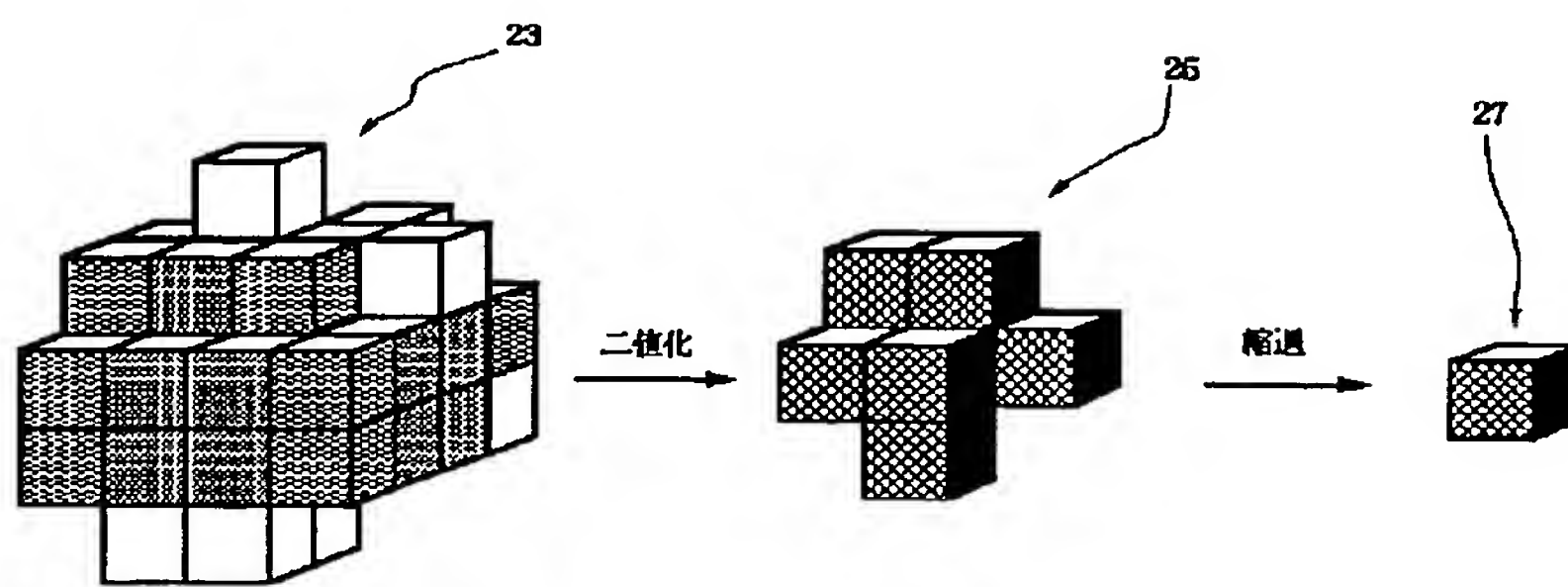
【図1】



【図3】



【図2】



【図6】

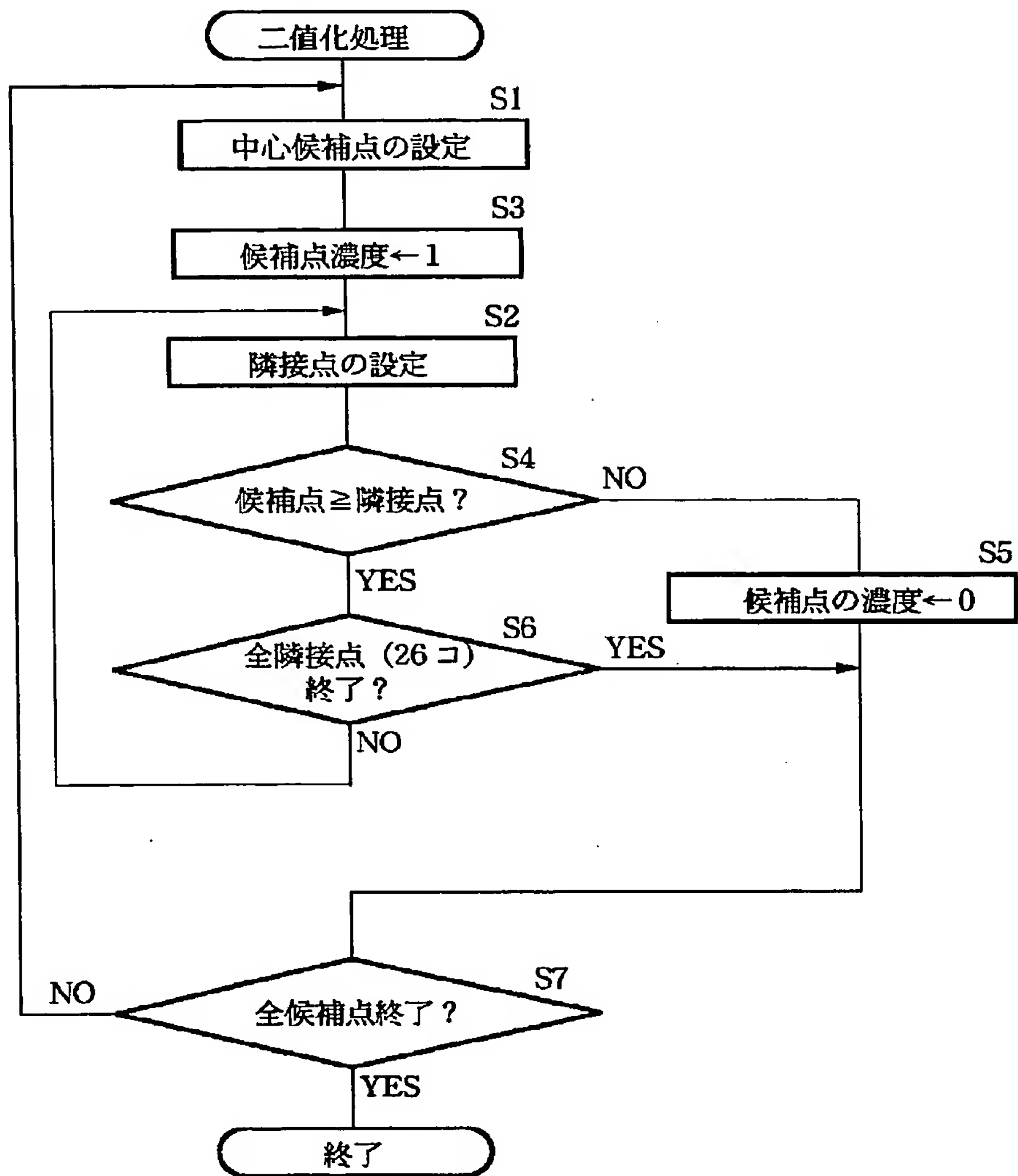
0	0	0	*	*	0	0	0	0	0	0	*	*	*
*	1	*	1	1	0	0	1	*	*	1	0	0	*
*	1	*	*	*	0	0	*	1	1	*	0	*	*

表1

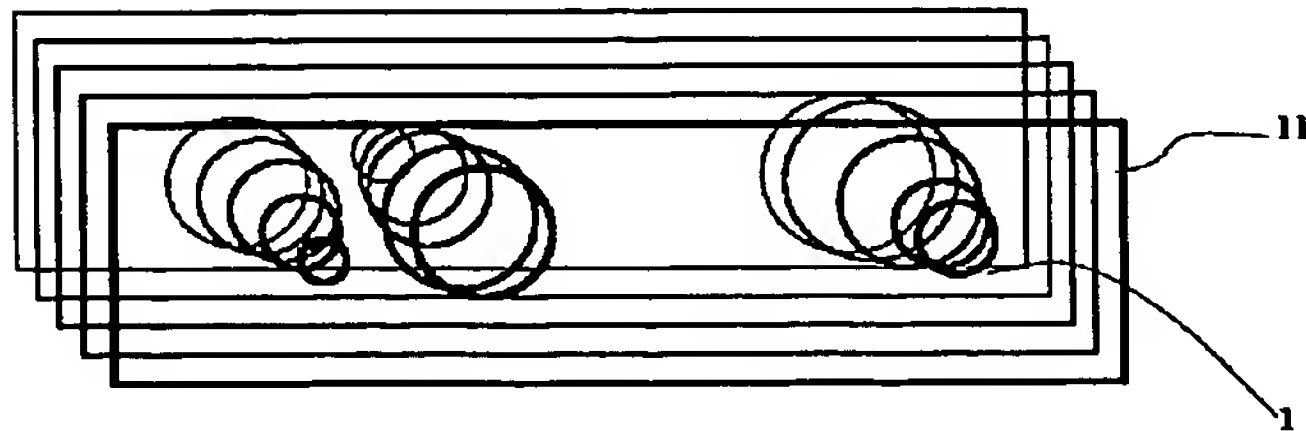
*	1	*	0	*	*	1	*	0	0	*	1	*	*	*
*	1	*	0	1	1	*	1	0	0	1	*	*	0	*
0	0	0	0	*	*	0	0	0	0	0	0	*	*	*

表2

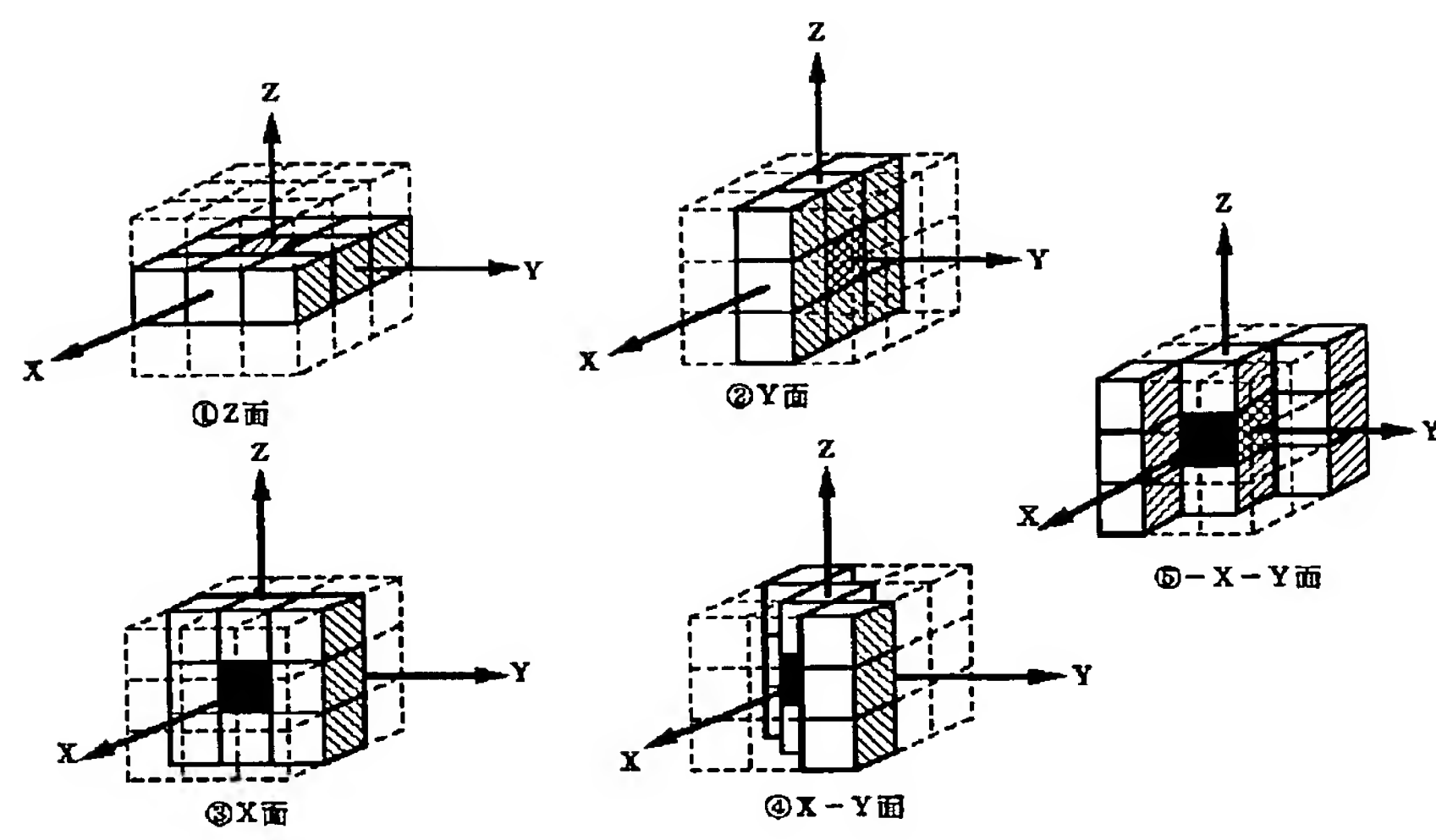
【図4】



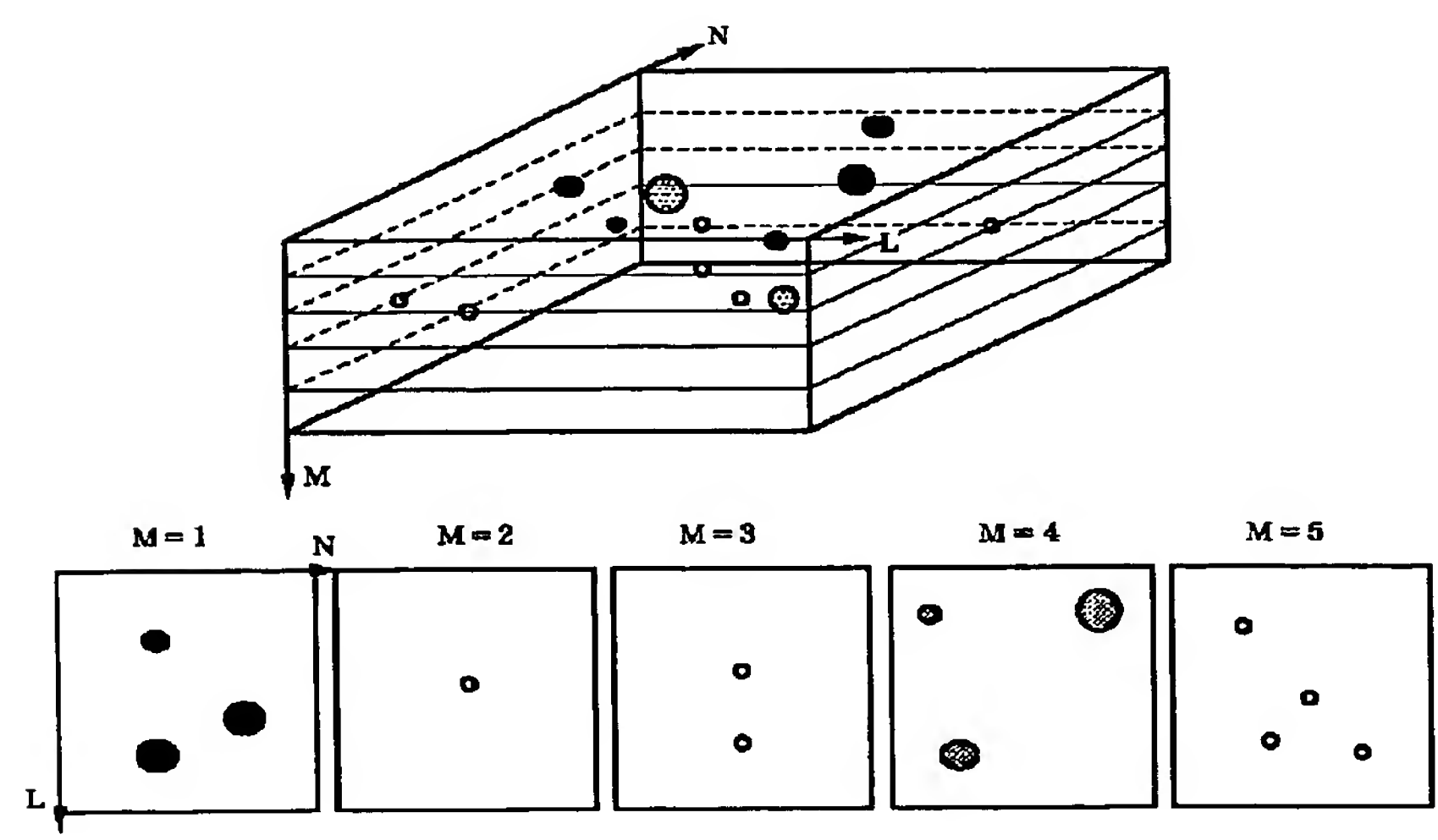
【図11】



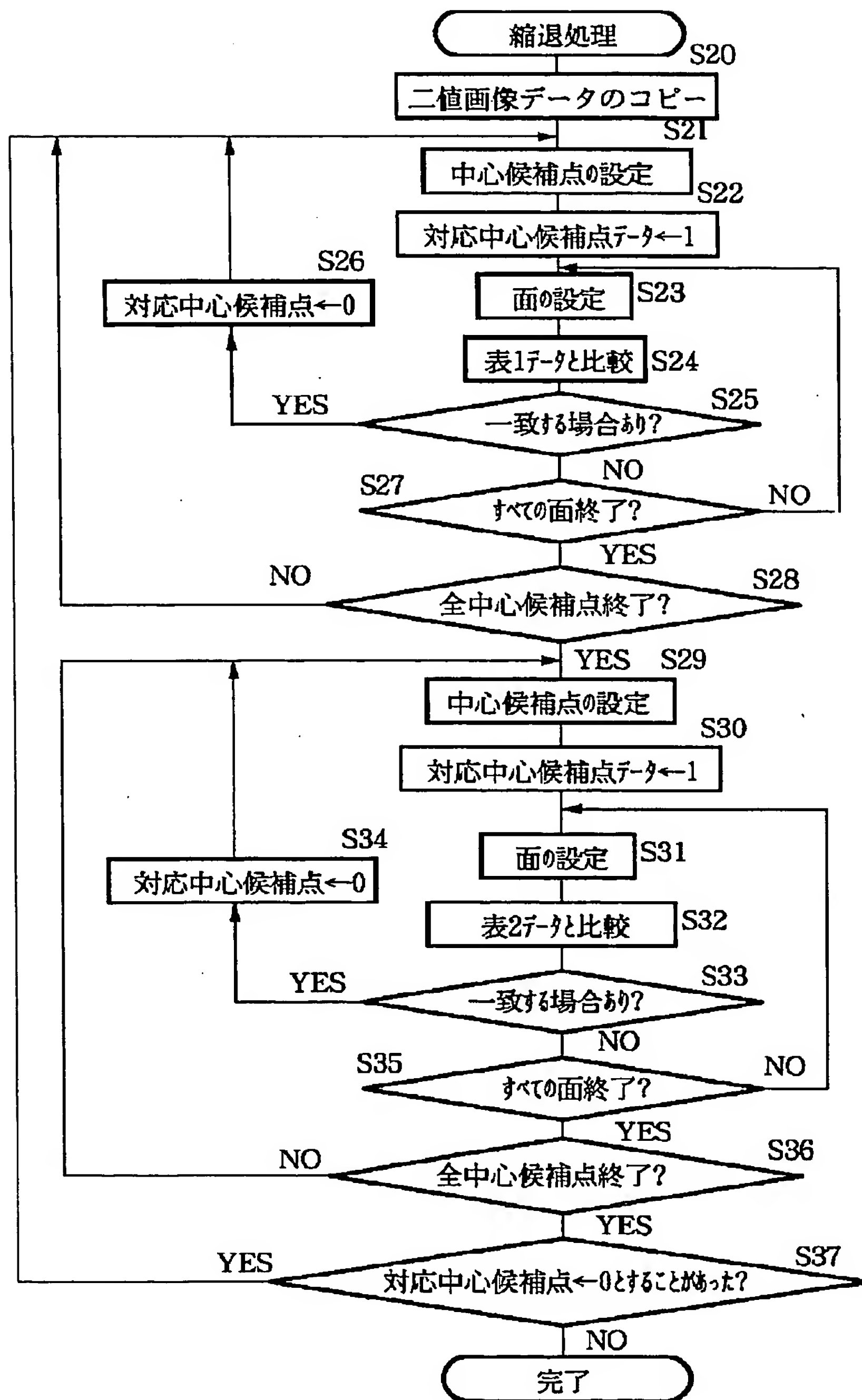
【图 5】



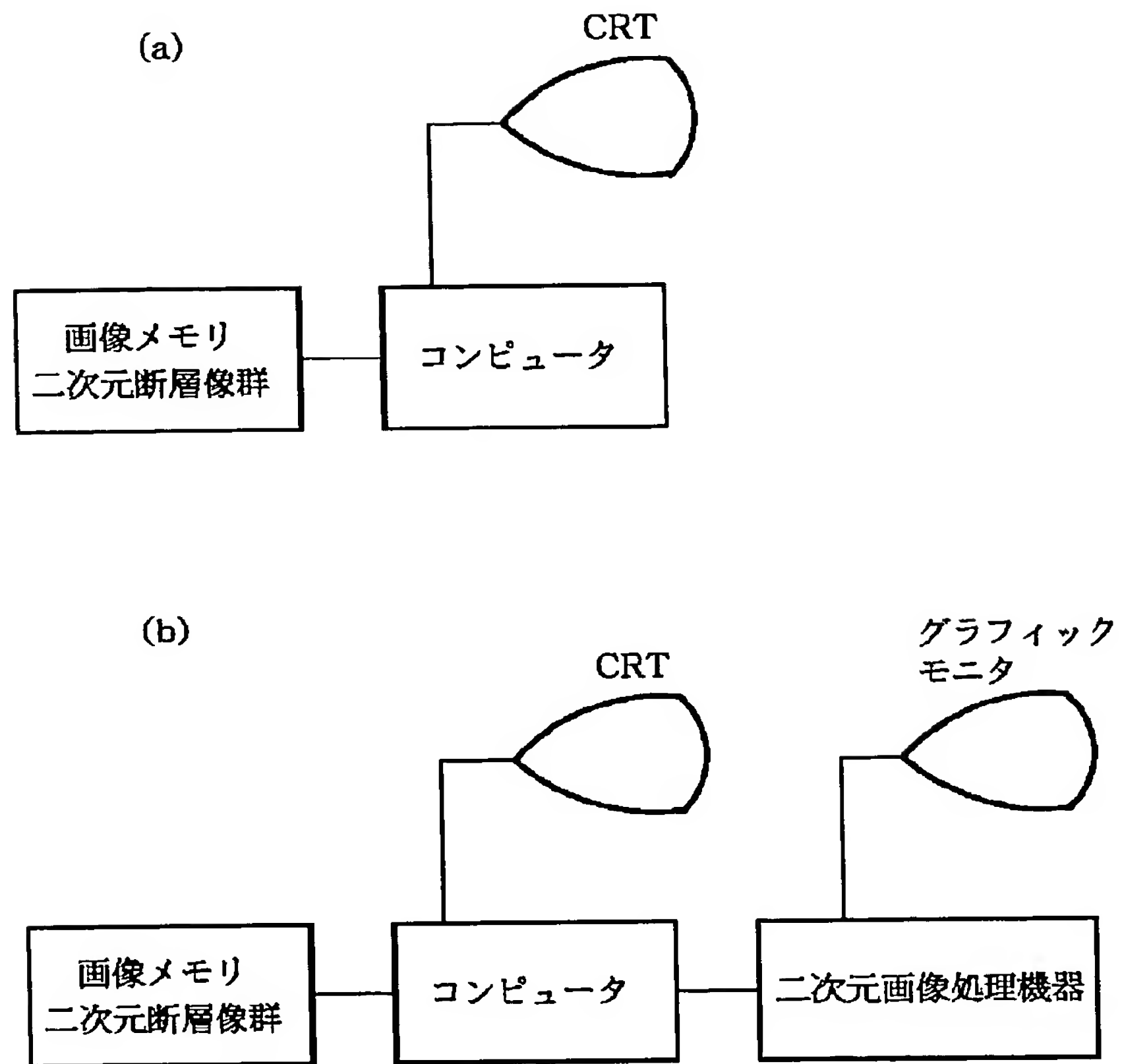
【图 8】



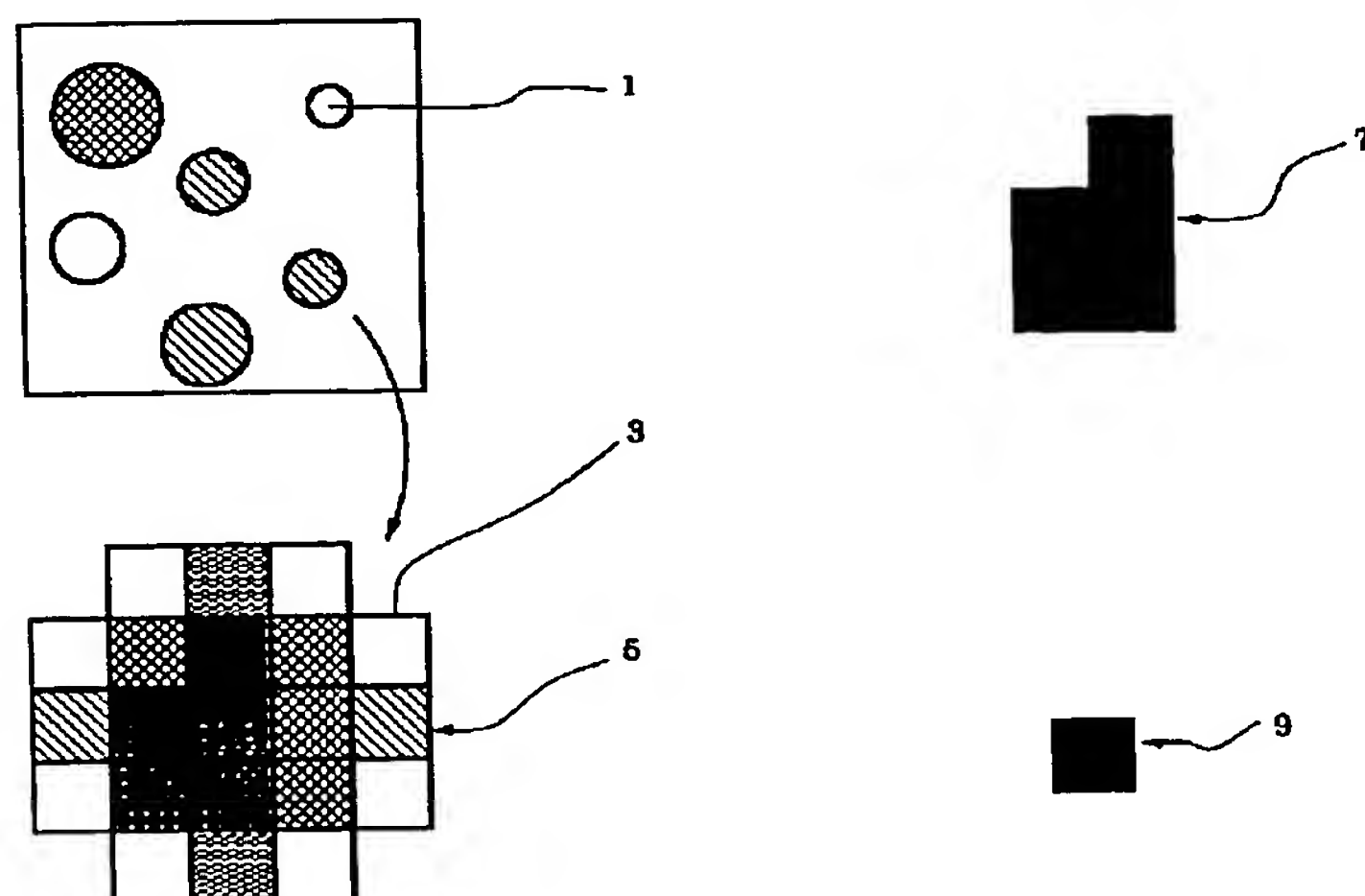
【図7】



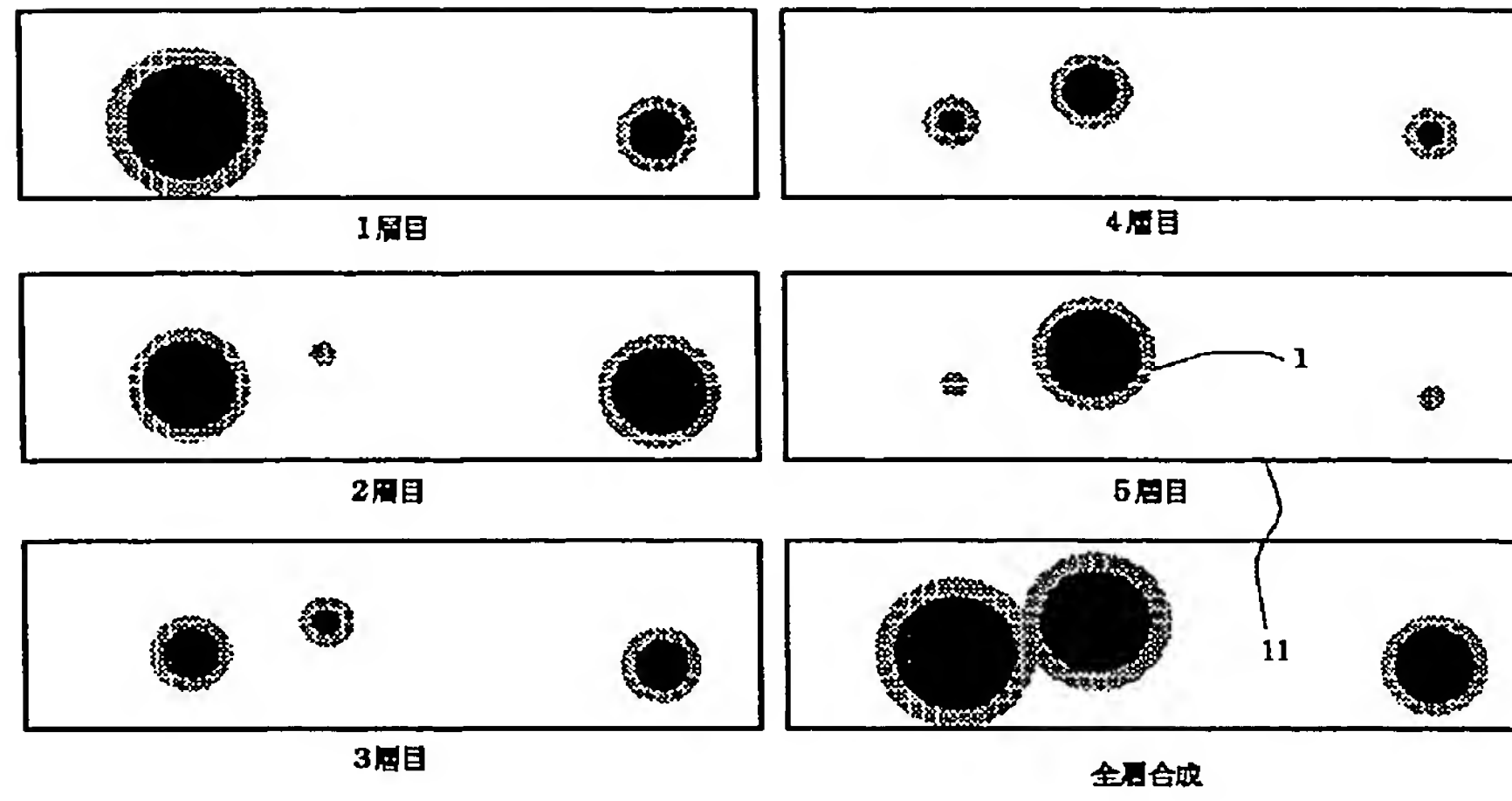
【図9】



【図10】



【図12】



THIS PAGE BLANK (USPTO)